91.16

Ueber die Vorgänge

bei der

Resorption in die vordere Kammer injicirter körniger Farbstoffe.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Universität Heidelberg

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

A. Tückermann

aus dem Haag.

Decan: Prof. **Kraepelin.** Referent: Prof. **Th. Leber.**

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1892.

Separat-Abdruck

aus v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie.

XXXVIII. Bd., 3. Abth.

Noch immer ist die Kenntniss der Flüssigkeitsbewegungen im Auge eine unvollkommene. Seit Jahrzehnten ist von den bewährtesten Forschern die Lymphbewegung des Auges studirt worden, ohne dass bis jetzt eine vollkommene Klarheit darüber herrschte. Besonders der vorderen Augenkammer wurde immer grosse Aufmerksamkeit gewidmet und zu erforschen gesucht, wo und auf welche Weise das Kammerwasser aus der vorderen Kammer resorbirt wird. Es ist von grossem Interesse zu beobachten, zu wie verschiedenen Resultaten, selbst bei Anwendung gleicher oder ähnlicher Untersuchungsmethoden, die verschiedenen Autoren gekommen sind, und es ist oft schwer, einen hinreichenden Grund dafür zu finden.

Obgleich es nicht in meiner Absicht liegt, hier nochmals die ganze Entwicklung unserer Kenntnisse über die Lymphbewegung im Auge und über die Resorption des Kammerwassers darzulegen, so halte ich es doch nicht für überflüssig, einige kurze Bemerkungen darüber der Mittheilung meiner eigenen Untersuchungen und deren Resultate vorausgehen zu lassen.

Da das Kammerwasser chemisch und physiologisch eine grosse Aehnlichkeit mit Körperlymphe besitzt, so wird es von den meisten Autoren als ein Gefässtranssudat auf-

gefasst und mit der Körperlymphe für nahezu identisch erklärt. Dagegen ist in den letzten Zeiten mehrfach [1]) darauf hingewiesen worden, dass das Kammerwasser vielleicht ein wirkliches Secretionsprodukt sei, das durch den epithelialen Ueberzug des Ciliarkörpers abgesondert werde. Da aber diese Frage für meine Untersuchungen ohne Bedeutung ist, will ich hier nicht weiter darauf eingehen.

Was die Theile des Auges anlangt, durch welche die Absonderung des Kammerwassers vermittelt wird, so ist die Hauptquelle desselben jedenfalls in den Ciliarfortsätzen zu suchen, welche durch ihren anatomischen Bau dazu offenbar in erster Linie befähigt sind. Nächstdem wird von manchen Autoren auch noch die Iris als ein Organ betrachtet, welches an seiner hinteren Fläche einen Theil des Kammerwassers liefert, wofür sich besonders der Umstand anführen lässt, dass die Ciliarfortsätze schmale, leistenartige Verlängerungen auf die hintere Fläche der Iris abgeben, die sich nach dem Pupillarrand hin allmählich verlieren und besonders bei manchen Thieren deutlich entwickelt sind.

Das Kammerwasser gelangt also zunächst in die hintere Kammer und dringt von da durch die Pupille in die vordere Kammer ein. Ueber die Geschwindigkeit der Absonderung des Kammerwassers ist es sehr schwer eine bestimmte Meinung auszusprechen, trotzdem sie öfters für sehr gross erklärt worden ist. Dass nach Ablassen des Kammerwassers die vordere Kammer in wenigen Minuten wieder hergestellt wird, ist lediglich die Folge des abnorm hohen Druckunterschiedes und erlaubt auf die Geschwindigkeit der Absonderung bei normal erhaltenem Augendruck durchaus keinen Schluss zu ziehen. Ebenso wenig gestattet uns einen solchen Schluss das schnelle Verschwinden von abnormem

[1]) S. Sattlers Bemerkung bei Staderini: Ueber die Abflusswege des Humor aqueus. v. Graefe's Archiv XXXVII., 3, Seite 119.

Inhalt aus der vorderen Kammer, weil hier neben der normalen Filtration auch noch die Diffusion und die Thätigkeit von Lymphzellen mit in Wirksamkeit treten.

Wo und wie verlassen aber die Augenflüssigkeiten die vordere Kammer?

In dieser Hinsicht kann zunächst durch die Untersuchungen von Schwalbe und von Th. Leber als festgestellt betrachtet werden, dass abführende Lymphgefässe im gewöhnlichen Sinne des Wortes nicht vorhanden sind, dass aber der Inhalt der vorderen Kammer mit grosser Leichtigkeit in den Circulus venosus und die mit ihm in Verbindung stehenden vorderen Ciliarvenen übertritt. Dieser Uebertritt erfolgt, wie Leber im Widerspruch gegen Schwalbe nachgewiesen hat, durch Filtration der die Maschen des Fontana'schen Raumes erfüllenden Flüssigkeit in die benachbarten Venen, aber nicht durch offene Communication der vorderen Kammer mit dem Blutgefässsystem. Dieser Nachweis ist späterhin von anderen Untersuchern, wie Königstein und Angelucci, bestätigt worden und darf jetzt als allgemein anerkannt betrachtet werden.

Die Leichtigkeit, mit welcher Flüssigkeit aus der vorderen Kammer in die vorderen Ciliarvenen filtrirt, ist daran zu erkennen, dass durch Injection einer diffusionsfähigen Farbstofflösung in die vordere Kammer in kurzer Zeit eine schöne Injection des episcleralen Venennetzes erhalten werden kann; diese Beobachtung spricht dafür, dass auch im Leben der Inhalt der vorderen Kammer beständig in gewisser Menge in den Circulus venosus (Canalis Schlemmii beim Menschen) hinüberfiltrirt und demnach in gleicher Menge beständig wieder ersetzt wird.

Leber hat ferner den Nachweis geliefert, dass durch die Hornhaut, so lange ihr Endothel intact ist, keine Spur von Flüssigkeit aus der vorderen Kammer nach aussen tritt.

Die Untersuchungen Leber's gestatteten, wie schon bemerkt, aus der vorderen Kammer abführende Lymphge-

fässe auszuschliessen und liessen nur noch die Frage offen, ob vielleicht neben dem hauptsächlichen Abfluss des Kammerwassers (durch Filtration in die Venen) noch ein geringer, unerheblicher Abfluss durch perivasculäre Gewebsspalten, die als Lymphwege dienen könnten, zugelassen sei.

Um zu entscheiden, ob wirklich dergleichen feinere Lymphspalten bestehen, die neben dem Hauptabfluss durch Filtration als Abzugsbahnen für das Kammerwasser dienen können, wurde auf Leber's Anregung im Jahre 1877 von Brugsch eine Reihe von Versuchen unternommen.

Er injicierte zu diesem Zweck Tusche- und Zinnobersuspensionen in die vordere Kammer, kam aber dabei zur Ueberzeugung, dass dieses Experiment für die Lösung der in Rede stehenden Frage nur einen beschränkten Werth hat, indem er fand, dass die fremden Substanzen zunächst in ein Fibringerinnsel eingeschlossen und dann von Leucocyten aufgenommen, und allmählich weggeführt werden.

Der geringe Grad von Entzündung (Hyperaemie der Conjunctiva bulbi) und die Auswanderung von Leucocyten wurde von Brugsch den entzündungserregenden Eigenschaften der Fremdkörper als solcher zugeschrieben.

Und wirklich hat auch Leber[1]) mit seinen jüngst veröffentlichten Untersuchungen über die Entstehung der Entzündung bewiesen, dass selbst scheinbar indifferenten und unlöslichen, aseptisch eingeführten Substanzen entzündungserregende Eigenschaften inne wohnen.

In der Zwischenzeit sind, theilweise zum selben Zwecke, die Versuche von Brugsch verschiedene Male wiederholt worden, wobei mehrere Untersucher die Ansicht vertreten haben, dass die Entzündung und Auswanderung von Leucocyten, die Brugsch[2]) beobachtete, einer ungeeigneten Untersuchungsmethode, sowie mangelhafter Asepsis zuzu-

[1]) Th. Leber, Die Entstehung der Entzündung etc. 1891.
[2]) Brugsch, v. Graefe's Archiv. B. XXIII. Abth. 3.

schreiben seien. So will P. Baumgarten[1]) gefunden haben, dass Zinnober stets, ohne die geringsten Entzündungserscheinungen hervorzurufen, selbst in relativ beträchtlichen Quantitäten der vorderen Augenkammer (dem Glaskörper etc.) einverleibt werden könne. Der Zinnober lockte, sagt Baumgarten[2]), keine farblosen Blutkörperchen aus der Blutbahn, drang aber, in die vordere Kammer gebracht, von der vorderen Irisfläche aus, der er sich in zierlichen Figuren anlegte, als freier Farbstoff theilweise in das Parenchym der Iris ein.

Ebenso giebt Morf[3]) an, nach Injection von Zinnobersuspensionen unter genauer Asepsis keine Auswanderung von Leucocyten wahrgenommen zu haben. Nur selten beobachtete er dabei Bildung von Exsudat, das aus Fibrinnetzen bestand und in wenigen Fällen in sehr geringer Menge Lymphzellen einschloss. Dabei fand er diese nie mit Zinnoberkörnchen gefüllt, sondern die letzteren immer frei im Exsudate eingelagert. Vom Fontana'schen Raume aus werden die Körner weiter transportirt und u. a. auch in die Iris. Jedoch fand Morf auch Zinnoberkörnchen in der Iris, wo der Fontana'sche Raum derselben beinahe vollständig entbehrte. Dadurch wird er zu der Annahme geführt, dass die Iris im Stande sei, körnige Elemente direct aus der vorderen Kammer in sich aufzunehmen.

Bei diesen Versuchen will Morf einen Lymphkanal gefunden haben, der aus dem Fontana'schen Raum entspringt, sich später theilt und einerseits mit den subconjunctivalen Venen, anderseits mit dem perichorioidealen Raume in Zusammenhang tritt. Die Betrachtung von Präparaten, die Professor Leber vom Kaninchenauge nach Injection von Zinnober in die vordere Kammer anfertigte und welche

---

[1]) Baumgarten, v. Graefe's Archiv B. XXIX. Abth. 3.
[2]) Baumgarten, l. c. Bemerkung S. 128.
[3]) Morf, Inaugural-Dissertation v. Zürich, Winterthur 1888.

den von Morf gezeichneten Abbildungen überraschend ähnlich sind, überzeugte mich aber, dass der von Morf angeblich gefundene Lymphkanal nichts anderes ist, als die venösen Gefässe, welche vom Circulus venosus aus die Sclera durchziehen, und in deren Umgebung zinnoberhaltige Zellen angelagert sind. An den von mir eingesehenen Präparaten, denen die Morf'sche Abbildung auffallend gleicht, sieht man, dass die Zinnoberkörnchen überall in Zellen eingeschlossen sind, welche nicht in den Gefässen liegen, sondern der Gefässwand aufgelagert sind.

Einen grösseren Werth hat die neuerdings erschienene, ausführliche Arbeit von Staderini[1]), bei deren Besprechung wir sehen werden, dass er die feinen Lymphspalten, deren Existenz von Leber nicht ausgeschlossen werden konnte und welche Brugsch vergebens zu finden suchte, wirklich gefunden haben will.

Staderini arbeitete hauptsächlich mit Tuschesuspensionen, liess aber den Zinnober auch nicht ganz unberücksichtigt. Wirklich sind die groben und specifisch schweren Zinnoberkörnchen weniger geeignet, um von den wahrscheinlich schwachen Lymphströmen mitgeschleppt zu werden.

Staderini hebt besonders hervor, dass er seine Versuche mit allen nöthigen Vorsichtsmassregeln und mit genauer Asepsis ausgeführt habe. Ebenso wie Morf vermuthet er, dass diese beiden Factoren von Brugsch nicht hinreichend berücksichtigt worden seien. Brugsch hat nämlich von besonderen antiseptischen Cautelen nichts erwähnt, wobei wir aber die Zeit, in welcher er seine Versuche anstellte, (1877) zu berücksichtigen haben. Damals war eine so genaue Asepsis, wie sie jetzt verlangt werden kann und muss, noch nicht bekannt. Jedenfalls wurde aber bei den Versuchen immer mit grosser Sorgfalt und möglichst rein verfahren.

---

[1]) Staderini l. c.

Staderini meint, dass die Versuchsanordnung von Brugsch schon von vornherein viel mehr geeignet sei, die anatomisch-physiologischen Verhältnisse des operirten Auges zu stören, als der von ihm befolgte Vorgang.

Brugsch constatirte jedoch nur eine sehr geringe Reaction der Augen: Irishyperaemie und geringe Scleralhyperaemie, einige Male mässige Chemosis, die regelmässig in 24 Stunden zurückging.

Von Staderini dagegen wurde selbst eine derartige Reaction nie beobachtet. Wohl bildete sich auch bei ihm ein dünnes, fibrinöses Exsudat, aber es verschwand im weiteren Verlauf vollkommen. Brugsch fand das Exsudat meistens relativ reichlich und compact und sah es nach zwei bis vier Wochen unter allmähligem Schwinden der Fibrinmenge und Auftreten zelliger Elemente in ein faseriges Gewebe übergehen, das vollkommen den Charakter von Bindegewebe hatte. Wo es der Iris auflag, war es in eine so enge Verbindung mit dieser getreten, dass eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht mehr zu erkennen war. Da Brugsch immer eine sehr grosse Menge Farbstoff injicirte, so darf in diesem Umstand wohl eine Ursache der von ihm beobachteten höhergradigen Folgezustände gesucht werden.

Auch was den Antheil anbelangt, den die Iris an der Resorption der Fremdkörper nahm, stehen Brugsch und Staderini einander gegenüber. Brugsch fand schon nach 24 Stunden die ganze Iris ziemlich dicht von mit Farbstoff beladenen Lymphzellen durchsetzt, die eine äusserst mannigfaltige Gestalt angenommen hatten. Oft waren sie rund, vielfach spindelförmig, mit meistens zwei blassen, schmalen Fortsätzen versehen, die spärlich und nicht so stark als der Zellenleib selbst mit den Fremdkörpern beladen waren. Nur die äussersten Enden waren gewöhnlich pigmentfrei. An anderen Stellen fand er vollständig mit Farbstoffkörnchen gefüllte Zellen. Er traf sie auch da, wo der Iris äusserlich kein Fibringerinnsel oder keine Schwarte an-

gelagert war, so dass er sich berechtigt glaubte, den Zellen Locomotionsfähigkeit zuzuschreiben. Er erklärte sie für Wanderzellen.

Eine directe Einwanderung von freiem Farbstoff ohne Vermittelung von Zellen konnte er nicht beobachten. Er fand weder von der Iris noch vom Ligamentum pectinatum in die vordere Kammer frei ausmündende Kanäle, und das Irisendothel stellte der Passage ein kaum zu übersteigendes Hinderniss entgegen. Nie gelang es ihm, in Schnittpräparaten freie Körner nachzuweisen. Dabei giebt er an, sich anfänglich oft getäuscht zu haben. Das eine Mal war der Kern der Zelle nicht hinreichend tingirt, das andere Mal konnte er nur bei eingehender Untersuchung die Fortsätze erkennen.

Staderini findet, wie Brugsch, das vordere Irisendothel stark mit Farbstoffkörnern imprägnirt; durch den in der vorderen Kammer herrschenden Druck sind sie in das weiche Zellprotoplasma eingepresst (Brugsch, Staderini).

Nur wo die injicierte Masse der Iris auflag, fand er die Intercellularsubstanz stark von Körnchen durchsetzt, während an den Stellen, wo keine directe Berührung stattfand, die Körner in Endothelzellen und Intercellularsubstanz fehlten.

Im Stroma der Iris findet er in reactionslos verlaufenden Fällen nur selten Wanderzellen mit Tuschekörnern beladen, aber immer mehr oder weniger freie Tuschekörner. Diese lagen entweder regellos, oder in Reihen geordnet.

Im letzten Falle waren diese Reihen meistens nach hinten und nach der Irisperipherie zu gerichtet.

Die Menge der Tuschekörner nahm nach hinten allmählig ab. Sie war am grössten zwischen den Faserbündeln des Sphincter pupillae und da, wo die Injectionsmasse der Iris längere Zeit aufgelagert war.

Der Widerspruch zwischen beiden Befunden wird von Staderini erklärt aus der nicht unbeträchtlichen Reaction,

die Brugsch nach seinen Injectionen beobachtete und die von ihm Versuchsfehlern zugeschrieben wird.

Aber auch Leber[1]) bekam später das gleiche Resultat wie Brugsch, als er, veranlasst durch die Arbeit von P. Baumgarten, die Versuche mit Zinnoberinjection wiederholte, wobei er noch statt physiologischer Kochsalzlösung auch normalen Humor aqueus als Suspensionsflüssigkeit benutzte.

Wenn wir weiter ins Auge fassen, wie schwer es Brugsch oft war, die feinen, blassen Zellfortsätze nachzuweisen, so ist es nicht unwahrscheinlich anzunehmen, dass auch Staderini manchmal dieselben übersehen hat. Bei einer genauen Betrachtung der von ihm gegebenen Abbildungen ist man schon a priori geneigt anzunehmen, dass die in Reihen gelagerten Körner nicht frei sind, sondern wirklich in solchen Fortsätzen eingeschlossen liegen, die von ihm in Folge mangelhafter Färbungsmethoden übersehen worden sind.

Jedenfalls ist dadurch hinreichend Anlass geboten, sich nicht ohne Weiteres seiner Auffassung über die Thätigkeit der Iris bei der Resorption von Fremdkörpern anzuschliessen, sondern durch neue Versuche und exacte mikroskopische Untersuchungen, mit Hilfe der besten uns zu Gebote stehenden Tinctionsmethoden, nachzusehen, ob wirklich eine Resorption von freien Körnern durch die Iris möglich ist.

Auf Anregung von Herrn Professor Leber und unter seiner Leitung stellte ich mir diese Aufgabe. Dass die Frage, ob die Aufnahme von körnigen Elementen aus der vorderen Kammer in das Irisgewebe mit oder ohne Hilfe von Leucocyten erfolgt, ein gewisses Interesse hat, tritt deutlich hervor.

Wanderzellen treten nämlich überall zwischen den Gewebselementen hindurch, indem sie dieselben auseinander

[1]) Leber, l. c. Seite 389 und ff.

drängen, wie man am schönsten bei verschiedenen Affectionen der Hornhaut wahrnehmen kann. Eine Aufnahme von freien Körnern ist nur dann möglich, wenn sich praeformirte Communicationsstellen zwischen der vorderen Kammer und Lymphspalten in der Iris befinden.

In diesem Fall sind wir gezwungen, einen vielleicht sehr bedeutenden Abflussweg des Kammerwassers in der Iris anzunehmen, was um so mehr von Bedeutung sein kann, als die Iris, vermöge ihres muskulösen Apparates, der fast immer in Thätigkeit ist, sehr geeignet ist, eine weitere Beförderung der Lymphe zu veranlassen. Und da, wie schon Deutschmann[1]) gefunden und Staderini bestätigt hat, die Resorption durch Eserin begünstigt und durch Atropin verlangsamt wird, so würde man desto mehr an eine Mitwirkung der Muskelthätigkeit denken können. Im wesentlichen handelt es sich hier wohl um eine Vergrösserung oder Verkleinerung der resorbirenden Oberfläche, welche die Resorption erleichtert oder erschwert und die natürlich eben sowohl sich geltend macht, wenn der Transport der Körner durch die Hilfe von Lymphzellen vermittelt wird, als wenn er ohne diese zu Stande kommt.

Bei meinen an Kaninchenaugen ausgeführten Versuchen habe ich hauptsächlich mit Tusche gearbeitet und nur einige wenige Injectionen mit Zinnober gemacht, um einen Vergleich mit den von Professor Leber mir zur Verfügung gestellten Präparaten zu haben.

Das käufliche Zinnoberpulver lässt sich sehr leicht zu einer Aufschwemmung bringen. Es gelang mir aber nicht, dasselbe in Wasser hinreichend fein zu zertheilen, so dass

---

[1]) Deutschmann, Klinische und experimentelle Beiträge zur Resorption pathologischer Inhaltsmassen in der vorderen Kammer. v. Graefe's Archiv, Band XXIV. Abth. 2.

die feinen Canülen der Pravaz'schen Spritze durch die sich aneinander legenden Körnchen bald undurchgängig wurden. Die von Schönfeld in Düsseldorf zur Aquarellmalerei angefertigte feuchte Zinnobermasse in Büchsen hat diesen Uebelstand nicht; die sehr feinen Körnchen zertheilen sich in Wasser ganz gleichmässig und gehen auch durch ziemlich feine Canülen hindurch, weshalb ich mich immer dieses Präparates bedient habe. Durch wiederholtes Auswaschen mit destillirtem Wasser wurden die Körnchen von dem ihnen zugesetzten Bindemittel befreit, welches Verfahren durch das hohe specifische Gewicht des Zinnobers sehr erleichtert wurde. Das letzte Waschwasser gab mit Lösung von Argentum nitricum keine Trübung mehr, und beim Verdampfen eines Tropfens desselben blieb auf dem Glase nur derselbe minimale Anflug zurück, der auch nach dem Verdampfen eines Tropfens destillirten Wassers beobachtet wird. Die käuflichen Anreibungen von chinesischer Tusche liessen sich dagegen nicht auswaschen. Auch nach mehreren Tagen setzten sich die Tuschekörner nicht auf dem Boden des hohen Standgefässes ab. Ich bereitete mir daher, durch Anreiben eines äusserlich sorgfältig gereinigten Tuschestückes mit physiologischer Kochsalzlösung, concentrirte Tuscheaufschwemmungen, welche unmittelbar nachher sterilisirt und in einem geschlossenen Gefäss aufbewahrt wurden.

Da durch diese, sonst für ganz indifferent gehaltenen Tuscheaufschwemmungen immer wenigstens ein gewisser, mitunter sogar ein starker Reiz ausgeübt wurde, auf dessen Entstehungsbedingungen ich später eingehen werde, so fand ich mich veranlasst, die Versuche mit neuen, aus einem anderen Tuschestück hergestellten Anreibungen zu wiederholen, wobei ich aber zu den gleichen Resultaten gelangte. Ich kann dies daher nur dadurch erklären, dass, wie schon Leber[1]) festgestellt hat, auch chemisch reiner Kohlenstoff als Entzündungsreiz zu wirken vermag.

[1]) Leber, l. cit. Seite 411 ff.

Um der Asepsis sicher zn sein, wurde bei meinen Versuchen jedes Mal in folgender Weise verfahren, auf die ich, damit die Versuche in dieser Richtung nicht beanstandet werden, näher einzugehen gezwungen bin.

Die Aufschwemmungen von rein gewaschenem Zinnober und von Tusche wurden mittelst sterilisirter Kochsalzlösung ($^3/_4$ %) angefertigt. Unmittelbar vor der Injection wurden die Aufschwemmungen und die nöthigen Instrumente mindestens $^3/_4$ Stunden im Dampftopf sterilisirt.

Die Augenlider der Versuchsthiere wurden äusserlich mit $^1/_2$ p. m. Sublimatlösung gereinigt, der Bindehautsack mit sterilisirter Kochsalzlösung ausgespült, und nachher das Auge durch Eintropfen einer 5 % Cocainlösung, die 0,02 % Sublimat enthielt, anaesthetisch gemacht.

Im Anschluss an die Bemerkungen von Morf und Staderini wurden die ersten Injectionen gemacht, ohne das Auge zu luxiren oder mit irgend einem Instrumente zu fixiren. Nur durch Andrücken der Finger an die Lider wurde das Auge in der richtigen Stellung gehalten. Vergleiche mit der von Leber und Brugsch befolgten Methode der Fixirung des Bulbus belehrten mich aber, dass dabei ein Unterschied in den Folgen der verschiedenen Operationen nicht zu constatiren war. Ich bekam auf beide Arten einen gewissen und stets gleichen Grad von Bindehautinjection und habe mich daher bei meinen späteren Versuchen immer der von diesen Autoren angegebenen, bequemeren Versuchsmethode bedient.

Diese besteht in einer Luxation des Auges, welche durch den Druck eines Scalpellstieles gegen das untere Augenlid bewirkt wird. Die Conjunctiva bulbi wird dabei nicht berührt und Jeder, der selbst versucht hat, diese Luxation auszuführen, wird darüber erstaunt sein, wie bequem und wenig eingreifend diese Methode ist, das Auge zu fixiren.

Nachdem die Canüle in die vordere Kammer gebracht worden ist, wird sofort der Scalpellstiel weggenommen, der Bulbus langsam zurücktreten gelassen und dann die Injection ausgeführt. War beim Herausziehen der Canüle etwas von der Aufschwemmung aus der Wunde geflossen, so wurde nach einigen Minuten der Conjunctivalsack mit sterilisirter Kochsalzlösung ausgespült und entstandenes Fibringerinnsel mit einer sterilisirten Pincette entfernt, um zu verhüten, dass auf die Conjunctiva ein Reiz ausgeübt würde.

Möglichst oft wurden die Versuche an albinotischen Kaninchen angestellt, theilweise aber auch bei pigmentirten Augen ausgeführt.

Die Experimente mit Zinnober wurden nach sechs, zwölf, vierundzwanzig und 2×24 Stunden beendigt, und sämmtlich bei albinotischen Thieren ausgeführt.

Es wurde meistens nur eine geringe Quantität Zinnober in die vordere Kammer gebracht, wozu ein leichter Druck auf den Stempel der Spritze hinreichend war. Nur bei einem Versuche kam etwas mehr Zinnober in die vordere Kammer, floss aber nach dem Zurückziehen der Canüle grösstentheils wieder ab, so dass der Druck nachher nicht gesteigert war. Nach der Operation ist eine geringe Bindehautinjection zu constatiren, die auf die Conjunctiva bulbi beschränkt bleibt, nach zwölf Stunden anfängt weniger zu werden und nach einem Tag völlig verschwunden ist. Der Zinnober senkt sich nach wenigen Minuten in den unteren Kammerwinkel, bleibt aber auch theilweise auf der Iris liegen und wird in ein Fibringerinnsel eingeschlossen, das der Iris aufliegt und mit dem Stichkanal in Zusammenhang steht. In zwei Fällen wurde die Pupille anfänglich von dem Gerinnsel verschlossen, kam aber bald wieder zur Norm zurück. Dies geschah nicht auf einmal, sondern die Pupille wurde zuerst an einer Stelle wieder sichtbar, die sich von da aus allmählig weiter ausbreitete. Am Pupillarrand der Iris konnte man sehen, wie das Gerinnsel

nach vorn umgeschlagen war, woraus zu schliessen ist, dass die Herstellung der Pupille durch die von hinten nach vorne strömende Flüssigkeit zu Stande kommt.

Eine Abnahme der Zinnobermenge konnte ich während der kurzen Beobachtungszeit nicht mit Sicherheit constatiren.

Unmittelbar nachdem das Auge enucleirt war, wurde in diesen Fällen das Kammerwasser mit einer Pravaz'schen Spritze abgesaugt und sowohl chemisch als mikroskopisch untersucht. Wir fanden dabei, dass in den ersten Stunden nach der Operation die Gerinnungsfähigkeit des Kammerwassers und sein Gehalt an Eiweiss zugenommen haben, um später wieder geringer zu werden. Genaue Messungen wurden dabei aber nicht ausgeführt.

Bei den Versuchen, die nach sechs und nach zwölf Stunden beendigt wurden, schäumte das Kammerwasser beim Entleeren der Spritze stärker als normal und gab mit Salpetersäure eine stärkere Trübung als beim normalen Kammerwasser beobachtet wird.

Unter dem Mikroskope fanden wir eine ziemlich grosse Menge von Leucocyten, die in den ersten 24 Stunden allmählig zunahm, um nach 2×24 Stunden wieder geringer zu werden.

Anfänglich enthielt nur ein Theil der Leucocyten Zinnoberkörner und lagen die meisten davon noch frei im entzogenen Kammerwasser. Nach 24 Stunden aber hatten schätzungsweise mehr als $^5/_6$ aller Leucocyten Zinnoberkörner aufgenommen und nach zwei Tagen fanden sich keine nicht Zinnober enthaltenden Leucocyten mehr vor. Doch waren auch hier noch nicht alle Körner aufgenommen und lagen viele, besonders die gröberen Körner frei, welche von dem auf dem Objectträger sich allmählig bildenden Fibringerinnsel eingeschlossen wurden.

Die Leucocyten zeigten grösstentheils amöboide Formen und bei einem darauf gerichteten Versuch gelang es auch,

amöboide Bewegungen zu constatiren, und zwar bei zwei Leucocyten, deren Formveränderungen genau beobachtet und gezeichnet wurden.

Mit Tuschesuspensionen wurden im Ganzen 26 Augen injiciert, wovon 18 albinotisch waren. Wir müssen, was die Reactionserscheinungen anbetrifft, die nach den Injectionen entstanden, einen Unterschied zwischen zwei Arten von Fällen machen. Bei der ersteren wurde nur eine mässige Menge von Tusche eingebracht, was für den directen Zweck unserer Versuche am geeignetsten war. Bei der zweiten Versuchsreihe dagegen ging ich darauf aus, möglichst viel Tusche in der vorderen Kammer zurück zu lassen, was auch oft in ganz besonders hohem Grade gelang, wozu noch eine andere Injectionsweise beitrug. Diese letzten Fälle will ich weiter unten beschreiben, da sie für unsere eigentliche Aufgabe von geringerem Werth sind, wohl aber den Beweis liefern, dass die Tusche einen entzündungserregenden Reiz ausübt, der sich bei Anwesenheit einer grossen Menge des reizenden Materials zu einer beträchtlichen Höhe zu steigern vermag.

Zuerst kommen also die Fälle in Betracht, wo durch einen Einstich in die Cornea eine mässige Menge von Tusche eingebracht wurde. Die Canüle durchbohrte die Cornea möglichst schräg; beim Nachlass des Druckes trat meistens schon der Farbstoff in die vordere Kammer über, ohne dass ein Druck auf den Stempel ausgeübt wurde. Ein leiser Druck brachte dann die gewünschte Füllung der vorderen Kammer zu Stande, ohne dass eine erhebliche Druckzunahme entstand, was durch die Finger ziemlich genau gefühlt werden kann. War das Auge etwas stark gefüllt, dann floss beim Zurückziehen der Canüle wieder etwas, jetzt durch Tusche gefärbtes Kammerwasser ab, sodass nie eine Drucksteigerung nach der Operation zurückblieb. Der Stichkanal in der Cornea wurde dadurch mit Tusche imprägnirt und erhielt eine schwarze Färbung.

Die Beobachtungszeit nach der Injection wurde sehr verschieden genommen und schwankte zwischen sechs Stunden und mehreren Wochen, wobei der Zeitunterschied allmählig immer grösser genommen wurde.

Bei den hier zu schildernden Versuchen war die Reaction nach der Operation immer sehr gering und von der bei den Zinnoberinjectionen beobachteten nicht wesentlich verschieden; sie bestand nur in leichter Conjunctivalhyperämie, welche sehr bald anfing geringer zu werden und nach 24 Stunden meistens ganz verschwunden war.

Wegen ihres geringen specifischen Gewichtes senkten sich die Tuschekörner nicht wie der Zinnober in den unteren Theil der Kammer, sondern blieben meistens auf der Stelle der Iris liegen, wohin sie durch die Injection gebracht worden waren. Auch hier entstand sehr bald ein Fibringerinnsel, das die Tusche theilweise fixirte.

Diese Fibrinmembranen bedeckten in einigen Fällen, aber nicht immer, auch die Pupille und standen meistens durch einen schmalen Strang mit der Einstichsstelle in der Cornea in Zusammenhang.

Eine Pupillaröffnung wurde sehr bald wieder hergestellt. Sie nahm allmählig an Grösse zu, es dauerte aber mehrere Tage, bevor der Pupillarrand ganz frei wurde. In zwei Fällen war ein Strang quer über die Pupille gespannt, welcher nach und nach schmäler wurde, aber doch mehr als acht Tage beobachtet werden konnte. Im Allgemeinen konnte man schon nach vier Tagen deutlich eine Abnahme der Tusche constatiren, indem die schwarzgrauen Stellen auf der Iris merkbar kleiner wurden.

Eine ausgesprochene Irishyperämie war nie festzustellen; nur ein Mal war sie in leichtem Grade vorhanden, nach 24 Stunden jedoch wieder völlig verschwunden. Die mikroskopische Untersuchung hat mich aber durch den starken Füllungszustand der Gefässe belehrt, dass in Wirklichkeit eine Irishyperämie, sei es auch leichteren Grades,

bestanden haben muss, obwohl sie während des Lebens nicht nachgewiesen werden konnte.

Anfänglich sah das Kammerwasser leicht getrübt aus; am nächsten Tag aber war es wieder vollkommen klar. Die chemische und mikroskopische Untersuchung desselben, an vier Augen, die nach sechs, zwölf, 24 und 2×24 Stunden enucleirt wurden, bot dasselbe dar, was schon bei den Zinnoberversuchen beschrieben worden ist: Auswanderung von Leucocyten, die amöboide Formen und Bewegungen zeigen und schon nach sechs Stunden in grosser Zahl anwesend sind und von denen nur eine geringe Anzahl noch keine Tuschekörner in sich aufgenommen hat. Später ist die Zahl der Leucocyten augenscheinlich geringer, es gibt aber keine Zellen mehr, die frei von Tusche sind, im Gegentheil sind sie oft so beladen mit feineren Körnern, dass es schwer fällt, den Protoplasmaleib zu erkennen.

Die Körnchen der Tusche sind noch kleiner als die des Zinnobers und zeigen nicht wie diese die Neigung sich zusammen zu ballen. Nach zwei Tagen fanden sich im Kammerwasser noch eine ziemlich grosse Zahl Körner, die nicht in Zellen aufgenommen waren, ohne dass eine Trübung in der vorderen Kammer zu bemerken gewesen wäre. Das Fibringerinnsel schliesst demnach nicht alle Tuschekörnchen in sich ein.

Auch die chemische Beschaffenheit des Kammerwassers stimmt mit der bei den Zinnoberinjectionen überein. Nur glaube ich, dass die Zunahme der Eiweissmenge und Gerinnungsfähigkeit hier etwas früher ihr Maximum erreicht. Genaue, quantitative Bestimmungen fanden aber nicht statt.

Einige Male drang bei der Injection eine geringe Quantität Luft in die vordere Kammer ein, welche nach einigen Stunden wieder vollkommen resorbirt war. Nie entstand dadurch eine Steigerung der Reizerscheinungen, und der Schluss, dass diese Luft frei von Microbien war, scheint mir darum berechtigt.

In einem Fall entstand am achten Tage, nachdem die kleine Luftblase schon längere Zeit resorbirt und die geringfügigen primären Reizerscheinungen völlig verschwunden waren, auch die Menge der Tusche schon beträchtlich abgenommen hatte, ein kleines Hypopyon, das mit leichter Iris- und Conjunctivalhyperämie verbunden war. Den nächsten Tag war der Befund gleich. Nach weiteren 24 Stunden fing das Hypopyon an, kleiner zu werden und war nach 4×24 Stunden fast völlig verschwunden. Das Thier wurde dann getödtet und unter aseptischen Cautelen ein Cornealschnitt gemacht. Mit einer ausgeglühten Platinaschlinge wurde jetzt das nicht flüssige Exsudat gefasst und in ein Agar-Röhrchen gebracht. Nachher wurde mit dem Platinadraht noch eine Stichcultur in einem zweiten Agar-Röhrchen angelegt. Das erste Röhrchen war nach 14 Tagen noch vollkommen steril. Im zweiten Röhrchen entwickelte sich nach fünf Tagen eine Colonie. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Auges, die mit Oelimmersion an Präparaten stattfand, die mit alkalischer Methylenblaulösung gefärbt waren, gelang es mir aber nicht Cokken nachzuweisen. Bei dem negativen Ergebniss der ersten Cultur ist es daher wahrscheinlich, dass auch dieses Versuchsauge frei von Mikrobien war und dass nur bei der zweiten Culturprobe ein Fehler gemacht wurde. Eine andere Ursache für das Entstehen des Hypopyons als eine besonders reichliche Menge des Injectionsmaterials ist mir auch bei der mikroskopischen Beobachtung des Auges nicht entgegengetreten.

Zur weiteren Untersuchung wurden die Augen unmittelbar nach der Enucleation in Müller'sche Flüssigkeit gelegt, und die Lösung auf eine Temperatur von 35^0 gebracht, bei welcher die Härtung in vier bis fünf Tagen vollkommen gelingt. Nach Auswaschen in fliessendem Wasser kamen die Augen in allmählig stärkeren Alkohol und wurden in Celloidin eingebettet. Beim Durchschneiden der

Bulbi wurde die Zonula Zinnii fast immer theilweise zerrissen und die Linse, die bei Kaninchen bekanntlich sehr hart wird, luxirt.

Die Augen wurden mit dem Beckerschen Microtom in Schnitte von 25—15 μ zerlegt. Meine Absicht, die Iris genau in der Richtung von hinten nach vornen zu durchschneiden, um ein Verschleppen der äusserst feinen Körnchen mit dem Messer in das Irisgewebe zu verhüten, konnte ich nicht ausführen, weil die Iris nicht in einer Ebene ausgespannt war, sondern meistens halbkugelig gebogen sich der Cornea angelegt hatte. Dass wirklich bei der Schnittführung ein Verschleppen der Körnchen stattfindet, musste ich leider mehrmals wahrnehmen und dies war bei der Untersuchung vieler Schnitte eine sehr unangenehme Störung, weil es oft eine schwierige Aufgabe war, zu entscheiden, ob die frei gefundenen Körnchen in oder auf den Schnitten lagen. Die Thatsache ist aber nicht zu bezweifeln, wie daraus hervorgeht, dass ich Körnchen an Stellen der Präparate fand, wohin sie durch Transport im lebenden Auge unmöglich hingekommen sein konnten. Um den Einfluss dieser Störung zu entfernen, wurde bei einem neuen Versuch die Cornea 24 Stunden nach der Enucleation des Auges möglichst vollkommen abgetragen. Nun wurde mit einer Pincette das Tuschegerinnsel aus der vorderen Kammer entfernt und mit einem Pinsel die übrigen Tuschekörner von der Iris und aus dem Kammerwinkel gestrichen. Dann wurde weiter gehärtet und eingebettet.

Für die Färbung der Präparate musste besonders eine Methode gesucht werden, um das Protoplasma und dessen feine Ausläufer möglichst prägnant zu färben. Ich habe dazu verschiedene Farbstoffe angewandt; Fuchsin, Lithion-Carmin, Nigrosin und die Weigert'sche Methode gaben wohl schöne Färbungen, waren jedoch nicht ganz befriedigend. Färbungen mit dem von Staderini benutzten Cochenille-Alaun habe ich nicht angewendet, weil demselben

vorgeworfen wird, dass es selbst nach wiederholtem Filtriren nicht frei von Farbstoffkörnchen[1]) zu erhalten sei. Am besten erreichte ich meinen Zweck durch Färbung in sehr schwacher und jedesmal frisch filtrirter Hämatoxylinlösung. Die Schnitte blieben hierin ein bis zwei Tage und wurden dann in alcoholischer Eosinlösung nachgefärbt und in Canadabalsam oder besser noch in Glycerin eingelegt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung[2]) von Zinnoberpräparaten finden wir im Grossen und Ganzen bestätigt, was uns die Untersuchung des Kammerwassers und die makroskopische Betrachtung der Augen gelehrt hat. In der vorderen Kammer liegt ein feinfaseriges Fibringerinnsel, welches die Körner in sich eingeschlossen hat und der Iris so fest aufgelagert ist, dass oft keine scharfe Grenze zwischen beiden hervortritt. Im unteren Theil des Gerinnsels finden wir die meisten Körner, jedoch ist auch oben das Gerinnsel nicht frei davon.

Die Iris ist aber nicht überall mit Fibrin bedeckt. Besonders an diesen freien Stellen konnte ich bestätigen, was schon von Brugsch und Staderini nachgewiesen wurde, dass die Endothelzellen sehr viele Körnchen in ihren Protoplasmaleib aufnehmen. Ob sich auch Körner in den Zellinterstitien befinden, lässt sich an den Querschnitten nicht mit Sicherheit entscheiden. Doch bin ich wohl geneigt, dies anzunehmen. Zum weitaus grössten Theil liegen sie in den Zellkörpern.

Das Endothel der Cornea enthält ebenfalls Zinnoberkörner, aber entschieden weniger, und an vielen Präparaten

---

[1]) Rawitz Leitfaden für histologische Untersuchungen.

[2]) Wir untersuchten mit Zeiss'schen achromat. Objectiven D, F und Oelimmersion $^1/_{18}$ mit Ocul. 1 und 4, und mit apochromatischen Objectiven von Zeiss 16 mm Brennw. 0.30 num. Apertur, 8,0 Br. 0.65 Ap., 4,0 Br. 0.95 Ap. und Oelimmersion 2,0 Br. 1.30 Ap. und Compensationsocul. 4, 8 und 18.

sind Zinnober enthaltende Endothelzellen der Cornea nur sporadisch anzutreffen. Weiter dringen die Körner in das Cornealgewebe nicht ein. Weder freie Körner noch mit Körnern beladene Zellen sind im Stande, die Membrana Descemetii zu durchdringen.

Im Fibringerinnsel treffen wir eine grosse Anzahl von Leucocyten, theils frei, theils mit Zinnoberkörnern beladen. Die Zahl der nicht Zinnoberkörner enthaltenden Leucocyten und die der frei im Gerinnsel liegenden Körner wird, mit zunehmender Dauer des Versuches, allmählig kleiner. Wo viele Körner liegen, findet massenhafte Anhäufung von Leucocyten statt. Eine so grosse Zellenmenge findet man z. B. im unteren Kammerwinkel, wohin sich die Zinnoberkörner gesenkt haben und oft an Stellen der unteren Iris-hälfte, wo sich eine gewisse Menge des Farbstoffs niedergeschlagen hat.

Einzelne mit Zinnoberkörnern beladene Zellen befinden sich frei in der vorderen Kammer oder dem Cornealendothel aufgelagert. In den Maschen des Fontana'schen Raumes liegen die Zinnoberkörnchen theilweise frei, theilweise in Zellen eingeschlossen. Je weiter man aber in die Maschen eindringt, desto weniger sind freie und desto mehr in Zellen eingeschlossene Körner vorhanden.

Nach sechs Stunden sind nur einige wenige Zinnober enthaltende Zellen von der vorderen Fläche aus in die Iris eingedrungen, deren Zahl allmählig zunimmt. Nach 2×24 Stunden sind zinnoberhaltige Zellen schon in der ganzen Iris bis an deren Hinterfläche nachweisbar. Die Zellen enthalten meistens eine Anzahl von Körnern, die grösstentheils den Kern umgeben, zum kleineren Theil aber auch in Protoplasmaausläufern eingeschlossen sind, welche eine sehr beträchtliche Länge besitzen können.

Zu dieser Beobachtung erwiesen sich besonders mit Haematoxylin-Eosin gefärbte Glycerinpräparate geeignet.

Die Untersuchung von Canadabalsampräparaten zeigte

mir wohl eine typische Gruppirung der Körner um den Zellkern oder in Linien, welche nach dem Zellkern hin gerichtet waren, liess aber keine so sichere Entscheidung zu, ob diese Körner frei im Gewebe oder in Protoplasma eingeschlossen lagen, wie dies bei den in Glycerin eingelegten Präparaten möglich war. Nur ausnahmsweise fand ich ein Körnchen, das augenscheinlich frei im Gewebe lag. Wahrscheinlich war hier beim Schneiden das Protoplasma zerstört, und die Körnchen in die Umgebung zerstreut worden.

Niemals fand ich Zinnoberkörnchen, weder frei noch in Zellen eingeschlossen, im Innern von Gefässen oder in Getässwänden liegen.

Dagegen drangen die zinnoberhaltigen Zellen ziemlich weit ins Gewebe der Iris vor und waren z. B. im Sphincter pupillae, meistens in ziemlich bedeutender Zahl, nachweisbar.

Auch in die Ciliarfortsätze drangen, besonders im unteren Umfang, die Zinnober haltenden Leucocyten ziemlich weit ein und waren schon nach 24 Stunden nachzuweisen. Bei einem nach 2×24 Stunden beendigten Versuche waren sie in den Ciliarfortsätzen überall bis nach hinten hin verbreitet. In der Iris fanden sich die meisten Körner an den Stellen, wo ihr ein Fibringerinnsel auflag, jedoch sind auch an anderen Theilen der Iris nicht nur die Endothelzellen mit Zinnoberkörnern beladen, sondern auch Zinnoberkörner enthaltende Zellen in dem Stroma nachweisbar. Ob die letzteren an dieser Stelle eingedrungen oder im Stroma der Iris weiter gewandert sind, lässt sich nicht entscheiden. Weil aber fast alle Leucocyten in dem Fibringerinnsel liegen und nur ausnahmsweise freie Zellen vorkommen, halte ich das Eindringen von den nicht mit Fibrin belegten Theilen der Iris für nicht wahrscheinlich, obwohl sich diese Möglichkeit nicht ganz in Abrede stellen lässt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der mit Tusche injicirten Augen finden wir ebenfalls ein Fibrin-

gerinnsel in der vorderen Kammer, das die Tuschekörner in sich eingeschlossen hat und fast überall der Iris aufliegt. Eine Anzahl von Leucocyten wandert in das Gerinnsel ein und nimmt die Tuschekörner in sich auf. In dem Grade wie sich mehr Tuschekörner an einer Stelle niedergeschlagen haben, hat auch die Zahl der Zellen an dieser Stelle zugenommen, so dass oft dichte Zellenanhäufungen gefunden werden. Das Fibringerinnsel ist feinfaserig, liegt der Iris auf und füllt den Kammerwinkel so vollständig aus, dass es hier immer auch der Cornea anliegt, was aber auch manchmal an anderen Stellen der Fall ist. Die Endothelzellen der Iris und Cornea haben, wenn auch nicht alle, Tuschekörner in sich einverleibt.

Ein deutlicher Unterschied zwischen oberem und unterem Kammerwinkel kann hier nicht wie bei den Zinnoberpräparaten gemacht werden, obwohl auch hier die Schnitte in einer Ebene parallel dem senkrechten Meridian angelegt wurden. Die mit Tusche mehr oder weniger beladenen Leucocyten wandern von der vorderen Irisfläche und besonders vom Kammerwinkel aus in das Gewebe ein. Nach sechs Stunden sind von der vorderen Irisfläche aus nur vereinzelte Zellen und dann noch sehr oberflächlich eingedrungen. Ihre Zahl steigt allmählig und nach 24 Stunden sind sie ungefähr bis zur Hälfte der Irisdicke nachweisbar.

Nach zwei Tagen sieht man sie bis zu deren hinterer Fläche vorgedrungen. Nach längerer Zeit haben alle Leucocyten eine viel grössere Menge von Körnern in sich aufgenommen und man sieht schon bei sehr schwacher Vergrösserung die Zellen als schwarze Pünktchen in dem Irisgewebe liegen.

Bei stärkerer Vergrösserung findet man die Zellen so stark mit Tuschekörnern beladen, dass es oft schwer ist, den Zellkern zu unterscheiden. Anfänglich dagegen enthalten die eingewanderten Zellen nur wenig Tuschekörner

und diese sind meistens nicht um den Zellkern, sondern in Protoplasmaausläufer eingelagert, welche eine beträchtliche Länge erreichen können. Auch später findet man diese Art von Zellen immer vertreten.

Eine bestimmte Richtung der Ausläufer ist nicht zu constatiren. Von einer Zelle gehen oft mehrere Ausläufer ab, meistens aber nur zwei, wodurch die Zelle eine lang gezogene, spindelartige Form annimmt; auch der Kern ist in diesen Fällen oft etwas spindelförmig.

Im Kammerwinkel finden wir zwischen den Bindegewebsbälkchen eine Anzahl freier Körner, welche mit der Entfernung von dem Kammerraum abnimmt. Die Zahl der Leucocyten ist hier sehr beträchtlich und sie wandern von hier aus in das Gewebe weiter. So dringen sie schon ziemlich früh in die Iris ein und sind bald bis in die Ciliarfortsätze nachweisbar. Sie dringen aber auch in das Scleralgewebe ein, besonders wenn durch eine sehr reichliche Einlagerung von Tusche im Kammerwinkel daselbst eine förmliche Anhäufung von Leucocyten stattgefunden hat, und zwar wandern sie in das Gewebe der Sclerocornealgrenze ein, von wo sie ausnahmsweise auch in den angrenzenden Theil der Cornea und in das Subconjunctivalgewebe weiter sich verbreiten.

Was jetzt die Frage betrifft, ob auch Tuschekörner frei in der Iris zu finden sind, so ist mit Sicherheit zu sagen, dass nie Reihen von freien Körnern, welche Staderini gesehen zu haben glaubt, nachzuweisen sind. Liegen die Körner in langen Reihen angeordnet, dann sind sie immer in Zellen oder genauer in deren Protoplasmaausläufern eingeschlossen, die ausserordentlich lang sein können.

Auch von den meisten vereinzelt liegenden Körnern liess sich bestimmt nachweisen, dass sie nicht frei, sondern in Zellprotoplasma eingeschlossen lagen, was besonders gilt für Präparate von dem Auge, wobei nach der Enucleation das Tusche haltende Gerinnsel möglichst genau entfernt

wurde. Jedoch blieben immer einige Körnchen übrig, bei denen dies nicht mit Sicherheit entschieden werden konnte, deren Zahl aber bei genauerer und längerer Betrachtung immer kleiner wurde. Wenn wir weiter ins Auge fassen, dass durch das Schneiden theilweise das Protoplasma zerstört wird, und die äusserst blassen und schmalen Fortsätze auf dem Querschnitt fast nicht zu erkennen sind, so fühlen wir uns berechtigt anzunehmen, dass die Körnchen nicht frei in das Irisgewebe eindringen, sondern nur durch Wanderzellen dahin transportirt werden.

Jetzt bleibt mir noch die Beschreibung der Fälle übrig, bei denen durch die Einführung von erheblich grösseren Tuschemengen bedeutende Reactionserscheinungen hervorgerufen wurden.

Um eine möglichst grosse Menge körniger Substanz einzuführen empfiehlt es sich, das Kammerwasser vollkommen abfliessen zu lassen, und danach die Kammer mit dem Inhalt der Spritze vollkommen anzufüllen. Beim Zurückziehen der Canüle floss aber immer eine ziemlich grosse Menge der Aufschwemmung wieder ab, und es waren dann die Resultate nach dem Abfliessen des Kammerwassers die gleichen wie in den Fällen, wo nur ein geringer Ausfluss von Kammerwasser stattgefunden hatte und weniger Tusche injicirt worden war. Bei Versuch XVIII wurde während des Herausziehens der Canüle, nachdem die vordere Kammer prall gefüllt worden war, und die Spitze der Canüle die vordere Kammer schon verlassen hatte, aber noch im Cornealgewebe steckte, ein leichter Druck auf den Stempel der Canüle ausgeübt und dadurch das Cornealgewebe etwas zum Quellen gebracht; hierdurch schloss sich die Wunde so vollkommen, dass nach dem Herausziehen der Canüle kein Tropfen Kammerwasser abfloss.

Anfänglich war hier die Reaction die gleiche wie bei den anderen Augen. Die entstandene Hyperaemie nahm aber allmählig zu und war nach 24 Stunden ziemlich be-

trächtlich. Wir notirten um diese Zeit folgenden Befund: Die Cornea ist diffus getrübt und ectatisch, auch etwas matt. Die vordere Kammer ist gleichmässig von Tusche gefüllt, die durch die getrübte Cornea dunkel bläulichgrau hindurch schimmert. Von Iris und Pupille ist nichts zu sehen. Die Conjunctiva bulbi ist in einer die Hornhaut umgebenden Zone grauschwarz infiltrirt, welche sich dem ganzen Hornhautrande entlang verbreitet. Im oberen Theil findet sich zwischen der grauen Zone und dem Hornhautrand ein kleiner Zwischenraum; im ganzen übrigen Umfang dagegen hält sich die graue Zone ziemlich dicht an den Hornhautrand. Die Conjunctiva bulbi ist besonders oben injicirt und etwas gelockert. Der Augendruck hat zugenommen.

Am nächsten Tag ist der Druck und auch die Hyperaemie etwas geringer geworden. Die Trübung der Cornea hat zugenommen und die Einlagerung von Tuschekörnern in die Conjunctiva ist weiter vorgeschritten bis in den Fornix und vielleicht bis in die Conjunctiva palpebrarum hinein.

Es wurde jetzt versucht, auch bei anderen Thieren auf gleiche Weise eine so beträchtliche Menge Tusche in die vordere Kammer zu bringen. Hierbei floss aber fast immer etwas durch den Stichkanal wieder ab. Nur einmal war dies nicht der Fall und wir bekamen das gleiche Resultat: allmählige Zunahme der Hyperaemie, Drucksteigerung und Trübung der Cornea. Nach 24 Stunden war Tusche in der Conjunctiva bulbi, im Fornix und der Conjunctiva palpebrarum nachweisbar. Der Druck war hoch. Nach weiteren drei Stunden fand ich das Auge an der Corneoscleralgrenze in der Ausdehnung von ungefähr 7 mm perforirt, aus welcher Perforationsöffnung eine dichte, schwarze Masse hervorragte.

Um bei weiteren Versuchen von vorne herein sicher zu sein, dass eine grosse Menge Tusche zurückbleiben würde,

wurde die Injectionsmethode geändert und die feine Canüle durch die Sclera, etwas hinter dem Irisansatze, eingestochen, die Iris von hinten nach vornen durchbohrt und die Canüle so in die vordere Kammer gebracht; die Injection fand stets nach völligem Abfluss des Kammerwassers statt. Sehr bald nach der Operation ist die Conjunctiva an der Einstichsstelle etwas emporgehoben und es hat sich hier etwas Tusche abgesetzt. Allmählig nimmt die Tuscheablagerung an dieser Stelle zu. Den nächsten Tag ist die Conjunctiva auch an anderen Stellen mit Tusche beladen. Nach der Enucleation lässt sich constatiren, dass ein Zusammenhang des schwarzen Saumes am unteren Hornhautrande mit der schwarz imprägnirten Einstichsstelle (oben) nicht besteht dass also die Tusche nicht von oben nach unten im subconjunctivalen Gewebe sich verbreitet hat. Der Druck bleibt auch an den folgenden Tagen hoch. Der Transport von Tusche in die Conjunctiva und die Cornealtrübung nehmen immer mehr zu. Diese letzte war besonders stark in zwei Fällen, wo durch die eingeführte Canüle die Cornea leicht an ihrer hinteren Fläche verletzt worden war. Von diesen verletzten Stellen aus verbreitete sich die Trübung in der Hornhaut weiter. Nach längerer Zeit aber fängt die Cornea an sich wieder aufzuhellen, um allmählig wieder ganz klar zu werden. Der Bulbus wird ectatisch und das Auge bietet im Ganzen das Bild des secundären Glaucoms dar. Bei dem einzigen, längere Zeit hindurch beobachteten Auge erhielt man anfangs mit dem Augenspiegel noch rothes Licht, doch ohne deutlich den Augenhintergrund unterscheiden zu können, vielleicht in Folge von Glaskörpertrübungen. Allmählig nahm die Medientrübung noch zu und man erhielt kein rothes Licht mehr. Der Druck war hoch, 45 mm Hg, mit dem Fick'schen Tonometer gemessen, die Ectasie aber nicht weiter vorgeschritten. Der Druck stieg noch immer, während die Medientrübungen allmählich zurückgingen und endlich der Augenhintergrund

wieder gesehen werden konnte. Es fand sich jetzt die Papille von einer schwarzen Masse bedeckt, neben welcher zu beiden Seiten die Markflügel mit ihren Gefässen undeutlich zum Vorschein kamen. Die die Papille bedeckende Masse verhinderte die Wahrnehmung, ob eine Excavation vorhanden sei, die wegen des hohen Druckes, der jetzt constant circa 65 mm Hg betrug, vermuthet wurde. An dem enucleirten Auge war dicht am Bulbus eine schwarz pigmentirte, stark ausgesprochene ampullenartige Ausbuchtung des Sehnerven zu beobachten, welche nahezu 2 mm Diameter hatte.

Bei der mikroskopischen Untersuchung fand ich eine mässig tiefe, randständige Excavation der Papille. Der mittlere Theil des Sehnerveneintrittes war schwarz pigmentirt. Die pigmenthaltigen Zellen lagen überall ganz deutlich in der Gerässscheide und erstreckten sich den Gefässen entlang durch den ganzen intrascleralen Theil des Opticus, bis sie mit den abführenden Aesten der Centralvene den Sehnerven verliessen.

Der Glaskörper war in der Nähe der Ciliarfortsätze diffus von Tuschekörnchen durchsetzt, indem offenbar von der Einstichsstelle aus die Injectionsmasse direct in sein Gewebe eingedrungen war. Weiterhin fanden sich an der Innenfläche der Retina zahlreiche Tuscheklümpchen, die zweifellos für dicht mit Tusche erfüllte Zellen zu halten waren, deren Kerne durch die Menge des Farbstoffs verdeckt wurden. Auch die Retina zeigte sich von tuschehaltigen Zellen in ziemlich reicher Menge durchsetzt. Die bei der Injection in den Glaskörper gelangte Tusche war zweifellos von Wanderzellen aufgenommen und an die Innenfläche und in das Gewebe der Retina, sowie in die Sehnervenpapille transportirt worden.

Bei einem zweiten Auge war die Cornea noch nicht hinreichend aufgehellt, um die ophthalmoscopische Untersuchung zu gestatten, als ich durch starke Eiterung in der

anderen, entleerten Orbita gezwungen wurde, das Thier zu töten.

Diese ausserordentlich hochgradigen Erscheinungen habe ich bei mehreren auf gleiche Weise ausgeführten Versuchen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Noch zweimal fand ich nach 24 Stunden spontane Perforation an der Sclerocornealgrenze.

Ich erachte mich berechtigt, ein Trauma als Ursache der Perforation auszuschliessen. Wir sahen dieselbe wohl nicht unter unsern Augen zu Stande kommen[1]), aber das Benehmen der Versuchsthiere war, wie oft wir diese auch beobachteten, immer ein sehr ruhiges. Ferner kam die Perforation immer an genau derselben Stelle zu Stande, welche, wie in den von Leber[2]) beschriebenen Versuchen, wo eine gleiche Perforation nach Injection von sterilisirtem Staphylococcus aureus in die vordere Kammer erfolgte, auf eine schmale Zone beschränkt war, die genau dem Pigmentsaum am Hornhautrande entspricht. Diese constante Lokalisirung ist aus der einfachen Einwirkung eines Trauma's nicht zu erklären und beweist jedenfalls, dass an dieser Stelle ein Locus minoris resistentiae gegeben ist. Die ausführliche Motivirung, welche Leber für seine Versuche geliefert hat, um zu beweisen, dass es sich nicht um die Wirkung eines Trauma's handelt, ist auch für meine Versuche zutreffend, weshalb ich hier darauf verweisen kann[3]).

In einem Falle, wo die eingebrachte Tuschemenge nicht so bedeutend war, ist vielleicht die Erklärung, dass wir das gleiche Resultat bekommen haben, in einem Zufall zu suchen. Die Injection wurde nämlich gemacht, als die

---

[1]) Bei einem später angestellten Versuch, wo eine ganz besonders grosse Menge von Tusche in der vorderen Kammer zurückgeblieben war, kam die Spontanperforation schon sechs Stunden nach der Injection unter unseren Augen zu Stande!

[2]) Leber, loc. cit. XII. Abschnitt S. 121 und ff.

[3]) Leber, loc. cit.

Spitze der Canüle noch hinter der Iris, in der hinteren Kammer sich befand. Das Auge wurde auf einmal, wahrscheinlich durch Verschluss des Fontana'schen Winkels, steinhart und blieb auch später, als die Tusche durch die Pupille allmählich in die vordere Kammer trat, sehr hart. Den nächsten Morgen war das Auge an der Sclerocornealgrenze perforirt.

Bei vier nicht perforirten Augen wurde nach ungefähr 30 Stunden das Kammerwasser mit einer Pravaz'schen Spritze abgesaugt. Dasselbe war wie eine concentrirte Tuscheaufschwemmung schwarz gefärbt. Seine Gerinnungsfähigkeit war ziemlich gross und unterm Mikroskope fanden wir neben einer Anzahl freier Körner eine Menge von Leucocyten sehr stark mit Tusche beladen.

Von jedem dieser Augen wurde sofort von dem mit aseptischen Cautelen abgesaugten Kammerwasser ein Tropfen auf je zwei Agarröhrchen gebracht und bei Bluttemperatur gehalten. Von diesen acht Röhrchen blieben sieben auch nach längerer Zeit steril. Bei einem Versuch blieb nur das erste Röhrchen steril, während sich auf dem zweiten nach 3 Tagen eine Cokkencolonie entwickelte, die hiernach sicher auf eine zufällige Verunreinigung zu beziehen ist. Auch bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Auges gelang es nicht, Cokken nachzuweisen; dasselbe zeigte auch im übrigen keinen Unterschied gegenüber den sicher steril verlaufenen Fällen.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Augen bestätigte, dass in allen Fällen sehr grosse Mengen Tusche zurückgeblieben waren. Die ganze vordere Kammer war damit gefüllt und fast vollständig von einem Fibringerinnsel eingenommen. In gleichem Maasse hatte sich eine Auswanderung von Leucocyten eingestellt und es fanden sich überall bedeutende Mengen derselben, welche mit Tusche beladen waren. Der Fontana'sche Raum ist von einer ausserordentlich reichlichen Zellenanhäufung eingenommen.

Vom Kammerwinkel aus kann man die mit Körnern beladenen Zellen in das umgebende Gewebe hinein verfolgen. Sie verbreiten sich von hier aus in die Iris, in die Sclera und von dieser in die Conjunctiva, aber auch von der Sclerocornealgrenze aus bis in die Cornea. An dem Auge, wo Perforation aufgetreten war, sieht man am Sclerocornealrande grosse Mengen rother Blutkörperchen zwischen den Gewebsfasern liegen, nebst zahlreichen freien Tuschekörnchen, welche ziemlich weit zwischen den Fasern der Hornhaut und Sclera zu verfolgen sind. Durch die Zerreissung, die an dieser Stelle stattgefunden hat, ist auch der perichorioidale Raum eröffnet worden, so dass man einen continuirlichen Tuschestreifen bis in diesen Raum verfolgen kann.

Das Endothel der Iris und Cornea ist in diesen Fällen nahezu maximal mit Tuschekörnern imprägnirt. Weiter hat die ganze Iris eine grosse Zahl mit Körnern beladener Leucocyten in sich aufgenommen, welche bis in die Ciliarfortsätze vorgedrungen sind und alle sehr viel Tuschekörner enthalten.

Auch hier gelang es nicht mit Sicherheit freie Körnchen im Irisgewebe nachzuweisen. Diese Versuche waren aber bei pigmentirten Augen ausgeführt und darum schon von vorneherein für unsere Aufgabe weniger geeignet. Doch haben sie das gleiche Resultat geliefert wie die früheren und sind also immerhin als Bestätigung derselben nicht ohne Werth.

Um zu kontroliren, ob die angeführten Reizerscheinungen möglicher Weise dem den Tuschekörnern beigemengten Bindemittel zuzuschreiben seien, wurde bei neuen Versuchen keine angeriebene Tusche sondern kleine Stückchen der festen Substanz durch eine Lanzenwunde der Cornea in die vordere Kammer und bis nahezu vor die Pupille gebracht. Die Wunde wurde durch die Tusche etwas schwarz gefärbt, schloss sich aber bald, so dass den nächsten Tag die Kammer wieder hergestellt

war. In ihrer Umgebung trat eine leichte Trübung der Cornea auf, welche allmählig wieder zurückging, nachdem eine Vascularisation der Wunde entstanden war. Auch die Gefässe bildeten sich allmählig zurück.

Das Stück Tusche wurde in ein Fibringerinnsel eingehüllt, das anfänglich die Pupille mehr oder minder verdeckte, die aber doch bald wieder theilweise frei wurde.

Die Resorption ging nicht in beiden Fällen gleich schnell von Statten. Im einem Fall blieb das die Tusche einschliessende Exsudatknötchen längere Zeit auf dem Pupillarrande der Iris liegen, und die Pupille liess sich auch durch fortgesetzte Atropinisirung nur wenig erweitern. Im andern Auge löste sich das Exsudat etwas schneller und das Stückchen Tusche zerfiel in mehrere kleinere, welche auf die untere Hälfte der Iris zu liegen kamen und sich von neuem mit Exsudat umgaben.

Ein leichter Reizzustand des Auges blieb mehrere Tage bestehen, um nachher allmählig und vollkommen zu verschwinden. Im ersten Falle entstand vorübergehend ein kleines Hypopyon, das schnell und vollkommen resorbirt wurde.

Wir sehen also, dass auch ein Stückchen Tusche einen Reiz ausübt, der aber geringer ist als nach Einbringen von beträchtlichen Quantitäten feinvertheilter Tusche. Es ist anzunehmen, dass mit der festen Tusche eine ziemliche Menge des Bindemittels eingeführt wurde, dessen Wirkung auf eine Stelle konzentrirt wurde. Da die Wirkung nicht stärker, sondern geringer war als bei der Tuschesuspension, so kann das Bindemittel wohl nicht von merklichem Einflusse sein; hierfür spricht auch, dass der Reizzustand recht lange anhält, während das Bindemittel doch wohl durch Diffusion nach nicht zu langer Zeit verschwunden sein wird. Es ist somit zu vermuthen, dass das Kohlenpulver der die Reizung bewirkende Bestandtheil der Tusche ist.

Aus unseren Experimenten können wir also den Schluss ziehen, welchen auch Brugsch aus seinen Versuchen ziehen

musste, dass Injectionen von Zinnober- und Tuschekörnchen in die vordere Kammer nicht dazu dienen können, möglicher Weise im Irisgewebe vorhandene feine Lymphspalten, die mit der vorderen Kammer in Kommunikation stehen, nachzuweisen, weil sich erstens ein Fibringerinnsel bildet, das die Körnchen in sich einschliesst und zweitens die Körnchen durch ausgewanderte Leucocyten aufgenommen und weiter transportirt werden.

Wenn wir aber ferner ins Auge fassen, dass die Körnchen, ehe sie von dem Fibringerinnsel eingeschlossen wurden, die Zeit fanden, in das Protoplasma von Iris- und Hornhautendothel überzugehen, ohne aber weiter in das Irisgewebe vorzudringen, so erachten wir es wenigstens als sehr unwahrscheinlich, dass dergleichen, mit der vorderen Kammer kommunizirende Lymphwege vorhanden sind.

Am Ende meiner Arbeit angelangt, drängt es mich, Herrn Professor Leber für seine freundliche Leitung meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Druck von Pöschel & Trepte in Leipzig.

Physiology

Pamphlets

Sense organs.